

Analiza digitalnog modela terena na području Parka prirode Papuk

Kus, Rafaela

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:983911>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-15**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET
Preddiplomski studij: Geološko inženjerstvo

**ANALIZA DIGITALNOG MODELA TERENA NA PODRUČJU PARKA PRIRODE
PAPUK**

Završni rad

Rafaela Kus

G 2266

Zagreb, 2023.



KLASA: 602-01/23-01/115
URBROJ: 251-70-15-232
U Zagrebu, 13.09.2023.

Rafaela Kus, studentica

RJEŠENJE O ODOBRENJU TEME

Na temelju vašeg zahtjeva primljenog pod KLASOM 602-01/23-01/115, URBROJ: 251-70-15-231 od 29.06.2023. priopćujemo vam temu završnog rada koja glasi:

ANALIZA DIGITALNOG MODELA TERENA NA PODRUČJU PARKA PRIRODE PAPUK

Za mentora ovog završnog rada imenuje se u smislu Pravilnika o izradi i ocjeni završnog rada Doc.dr.sc. Ivan Medved nastavnik Rudarsko-geološko-naftnog-fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Mentor:

(potpis)

Doc.dr.sc. Ivan Medved

(titula, ime i prezime)

Predsjednik povjerenstva za
završne i diplomske ispite:

(potpis)

Doc.dr.sc. Zoran Kovač

(titula, ime i prezime)

Prodekan za nastavu i studente

(potpis)

Izv.prof.dr.sc. Borivoje
Pašić

(titula, ime i prezime)

ANALIZA DIGITALNOG MODELA TERENA NA PODRUČJU PARKA PRIRODE PAPUK

Rafaela Kus

Rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za geofizička istraživanja i rudarska mjerenja
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Sažetak

U ovom završnom radu odradili smo analizu digitalnog modela terena na području Parka prirode Papuk. U uvodu su navedene osnovne informacije o Parku prirode Papuk, njegov geografski položaj, povijest Parka prirode, te vrsta stijena. Opisana je georaznolikost i geološka građa Parka prirode Papuk. Analiza digitalnog modela temelji se na metodama GIS-a, te ostatak postupka opisan je u radu.

Ključne riječi: GIS, QGIS, nagib padina, zakrivljenost, ekspozicija padine

Završni rad sadrži: 17 stranica, 2 tablice, 9 slika i 18 referenci.

Jezik izvornika: Hrvatski

Pohrana rada: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta, Pierottijeva 6, Zagreb

Mentori: Dr.sc. Ivan Medved, docent RGNF

Ocjenjivači: Dr.sc. Ivan Medved, docent RGNF

Dr.sc. Jasna Orešković, izvanredna profesorica RGNF

Dr.sc. Tomislav Korman, izvanredni profesor RGNF

SADRŽAJ

POPIS SLIKA.....	I
POPIS TABLICA.....	II
1. UVOD.....	1
2. GEORAZNOLIKOST PODRUČJA PAPUK.....	3
3. GEOLOŠKA GRAĐA.....	4
4. ANALIZA DIGITALNOG MODELA.....	5
4.1. Metoda rada i izvori podataka.....	5
4.2. Nagib padina.....	6
4.3. Ekspozicija (aspekt) padine.....	8
4.4. Zakrivljenost.....	11
4.4.1. Profilna zakrivljenost.....	13
4.4.2. Planarna zakrivljenost.....	14
5. ZAKLJUČAK.....	15
6. LITERATURA.....	16

POPIS SLIKA

Slika 1-1. Geografski položaj i smještaj Parka prirode Papuk.....	2
Slika 2-1. a) Uzorak mineral filit, i b) Uzorak mineral gnajs.....	3
Slika 4-1. Parametri korišteni u radu.....	6
Slika 4-2. Karta nagiba padina na području Parka prirode Papuk.....	8
Slika 4-3. Karta ekspozicije padina na području Parka prirode Papuk.....	10
Slika 4-4. Karta maksimalne zakrivljenosti na području Parka prirode Papuk.....	12
Slika 4-5. Karta minimalne zakrivljenosti na području Parka prirode Papuk.....	12
Slika 4-6. Prikazuje pod a) konveksni uzdužni profil, b) konkavni uzdužni profil, c) linearni uzdužni profil.....	13
Slika 4-7. Karta profilne zakrivljenosti na području Parka prirode Papuk.....	14

POPIS TABLICA

Tablica 1. Geomorfološka klasifikacija nagiba padina.....	7
Tablica 2. Ekspozicija padina se u QGIS-u klasificira u sljedeće skupine s obzirom na azimut.....	10

1. UVOD

Slavonija je glavno obilježje istočnog dijela Hrvatske, koju čine nizinske ravnice. Na području te iste nizinske ravnice na kojemu je nekada bilo dno Panonskog mora izdižu se planine na gotovo tisuću metara nadmorske visine. Jedna od tih planina na tom području koju ću razmotriti je Papuk koja se smatra najljepšom planinom u Slavoniji.

Zakon o proglašenju Parka prirode Papuk bio je 23. travnja 1999. godine od strane zastupničkog doma Hrvatskog državnog sabora zbog iznimne biološke i geološke raznolikosti i kulturno – povijesne baštine. Park prirode Papuk omogućuje razne aktivnosti koje su usmjerene na zaštitu, očuvanje i promicanje temeljnih kulturnih i prirodnih vrijednosti Parka (Park prirode Papuk, 2023).

Najveći dio prostora planine Papuk obuhvaćen je Parkom prirode Papuk, dok se manji dio proteže na planinu Krndiju. Park prirode Papuk prostire se na površini od 336 km² i prostire se preko područja dviju županija, Požeško-slavonske i Virovitičko-podravske.

Slavonskom gorju pripadaju planine Papuk i Krndija, čija centralna geografska pozicija obuhvaća panonski nizinski prostor Slavonije (Slika 1-1). Unatoč tome što slavonska gorja nisu viša od 1 000 m, njihova prisutnost u krajobrazu je izrazito uočljiva. To je posebno vidljivo jer se okolne aluvijalne ravnice protežu na samo oko 100 metara nadmorske visine, dok se obronci ovih planina nalaze svega stotinjak metara iznad tih ravnica. Osim toga, gorja su prekrivena obiljem šuma, što ih ističe i razdvaja od susjednih krajobraza. Ova karakteristika čini ih najvažnijom značajkom reljefa istočne Hrvatske. Posebno su vrijedne izvorne šume, a među njima se ističu panonske bukve i jele u višim predjelima, koje su sačuvane u izvornom stanju (Park prirode Papuk, 2023).

Godine 2007., Papuk je stekao status geoparka. Papuk Geopark zauzima jedinstven položaj u kolizijskoj zoni dvaju makroploča - Afričke i Euroazijske. Unutar Parka možemo pronaći različite vrste stijena (magmatske, sedimentne i metamorfne) koje su se formirale od prekambrija do današnjeg dana. Ovaj Park sadrži stijenske formacije od izuzetnog geološkog značaja, neke stare čak i preko 600 milijuna godina, što ih čini jednim od najstarijih stijena u Hrvatskoj (Park prirode Papuk, 2023).



Slika 1-1. Geografski položaj i smještaj Parka prirode Papuk (www.pp-papuk.hr)

Cilj ovog završnog rada je provesti analizu digitalnog modela terena na području Parka prirode Papuk. U ovom radu će se koristiti softverski program QGIS u koji je unesen ulazni podatak DMR pomoću kojeg će se izraditi digitalni model terena. Izradom digitalnog modela bit će prikazana osnovna geomorfološka obilježja terena kao što su nagin padine, ekspozicija padine i zakrivljenost.

2. GEORAZNOLIKOST PODRUČJA PAPUK

Istaknuta prirodna obilježja Parka prirode Papuk uključuju iznimnu georaznolikost. Na teritoriju Republike Hrvatske, rijetko se može pronaći tako raznolika geološka povijest kao na ovom ograničenom prostoru. Geološka povijest Papuka obiluje raznolikošću stijena koje su rezultat procesa magmatskog, metamorfnog i sedimentnog porijekla (Park prirode Papuk, 2023). Najpouzdaniji indikatori starijosti stijena dobiveni su putem radiometrijske metode, a najčešći dobiveni rezultati za najstarije komplekse ukazuju na starost između 352-376 milijuna godina (mlađi paleozoik). Postoje rijetki nalazi koji ukazuju na starost metamorfnih stijena poput filita, kloritnih škriljavaca, gnajseva i amfibolita te granita, a mišljenja su podijeljena oko toga jesu li prekambrijske starosti (421-650 milijuna godina) ili pripadaju starijem paleozoiku (Slika 2-1).

Značajna georaznolikost Papuka manifestira se kroz mnoge lokalitete koji čuvaju vrijedne fosilne ostatke. Posebna karakteristika ovog područja su preostala krška područja koja se nalaze u kontinentalnom dijelu Hrvatske, obilujući svim karakterističnim oblicima kao što su ponori, špilje, ponikve i drugi oblici. Složeni geološki odnosi na Papuku rezultat su niza tektonskih faza u povijesti razvoja Slavenskog gorja, što se očituje kroz višestruke borane, navlačne i rasjedne odnose među zabilježenim geološkim formacijama.



a)



b)

Slika 2-1. a) Uzorak mineral filit, i b) Uzorak mineral gnajns (Vesnica Garašić, 2022)

3. GEOLOŠKA GRADA

Na prostoru Papuka prisutne su naslage koji obuhvaćaju razdoblja predpaleozoika, paleozoika, mezozoika, tercijara i kvartara.

Psunjsko-krndijski metamorfni kompleks (predpaleozoik) predstavlja najstarije stijene Slavonskih planina, uključujući područje Papuka. Ovaj kompleks obuhvaća jednu kontinuiranu zonu koja se proteže preko Psunja, preko južnih padina Papuka, sve do masiva Krndije. Unutar ovog kompleksa mogu se naći različiti varijeteti granitoidnih i metamornih stijena koje su pretrpjele metamorfozu u rasponu od zelenih škriljavaca do epidot-amfibolitskih stijena.

Papučki metamorfni kompleks, koji se formirao tijekom paleozoika, prostire se po dijelovima Papuka. Ovaj kompleks obuhvaćuje prisutnost migmatitskih gnajseva.

Izgrađen tokom paleozoika, Radlovački metamorfni kompleks obuhvaća slabo metamorfozirane stijene. Ove stijene čine centralni dio Parka prirode Papuk te su tektonski smještene između prethodno spomenutih kompleksa - Psunjsko-krndijskog na jugu i Papučkog na sjeveru. Kompleks se sastoji od dva nivoa škriljavih metagrauvaka, grafičnih metagrauvaka i pješčenjaka.

Prijelaz između paleozoika i mezozoika manifestira se kontinuirano kroz permo-trijaski slojevi, koje karakteriziraju bazni filitni konglomerati i slojevi kvarcnih pješčenjaka.

Karbonatni skup Papuka se sastoji uglavnom od vapnenačkih i dolomitnih naslaga. U vapnenačkim slojevima pronađeni su fosilni ostaci amonita, krinoida i algi.

4. ANALIZA DIGITALNOG MODELA

Moderna geomorfološka istraživanja reljefa uključuju čitav niz kvantitativno-statističkih metoda za opis i determinaciju pojedinih reljefnih oblika i procesa, analizu veza između pojedinih čimbenika oblikovanja reljefnih oblika, odnosno reljefa u cjelini, kao i za mogućnost usporedbe kvalitativnih razlika temeljem numeričkih parametara unutar određenog prostora (Pahernik, 2007).

4.1. Metoda rada i izvor podataka

Geomorfologija je znanstvena disciplina koja se bavi proučavanjem reljefa. Morfometrijskim metodama u okviru geomorfologije utvrđuju se različiti kvantitativni parametri reljefa određenog prostora na Zemljinoj površini (Pike et al., 2009).

Geomorfometrijska analiza dijeli se na opću i specijalnu, a suvremena je temeljena na metodama GIS-a, tj. u prvom redu na analizu digitalnog modela reljefa. Digitalni model reljefa (DMR) matematički je prikaz Zemljine površine u rasterskom ili vektorskom obliku koji sadrži nizove vrijednosti visina. S obzirom na prostornu rezoluciju postoje različiti rasterski modeli reljefa, a o njoj izravno ovisi kvaliteta i preciznost izlaznih rezultata (Radoš et al., 2012).

Analiza nagiba padina provedena je pomoću alata Slope (Slika 4-1) koji određuje gradijent promjene z vrijednosti svake ćelije rastera (URL 1). DMR služi kao ulazni podatak, a unutar alata se bira način prikazivanja vrijednosti nagiba u obliku postotaka ili stupnjeva (Burroughs, 1986).

Processing → Toolbox → SAGA → Terrain Analysis –Slope

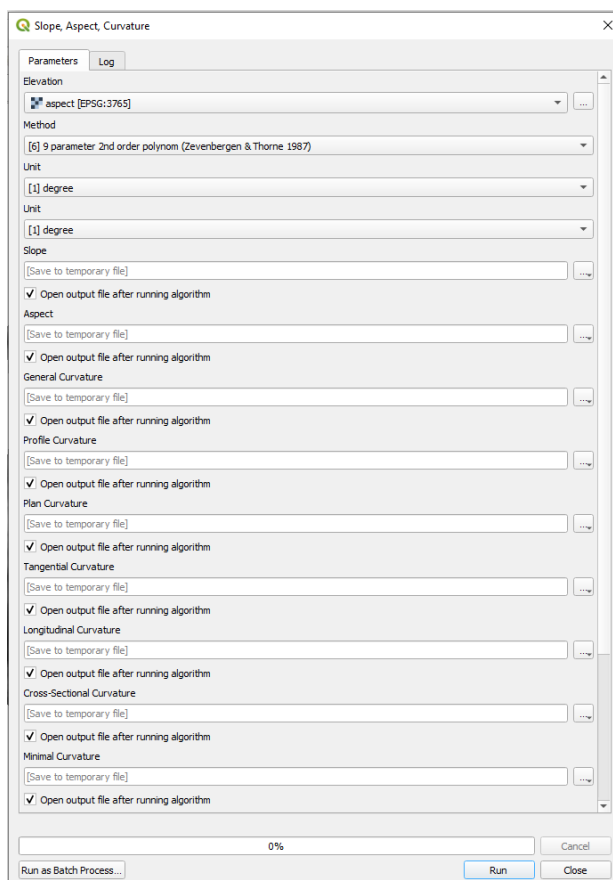
Analiza ekspozicija padina izrađena je pomoću alata Aspect (Slika 4-1). DMR je ulazni podatak za analizu. Pojam ekspozicije može se smatrati smjerom nagiba, a vrijednosti izlaznog rastera daju smjer ekspozicije koji je identificiran kao smjer nagiba najveće razlike u vrijednostima između susjednih ćelija (Burroughs, 1986).

Processing → Toolbox → SAGA → Terrain Analysis –Aspect

Analiza zakrivljenosti padina, točnije profilne i planarne zakrivljenosti izrađena je pomoću alata Curvature (Slika 4-1). Potreban ulazni podatak je DMR pomoću kojega softver računa

zakrivljenost. Analizom DMR-a dobiven je niz vrijednosti zakrivljenosti iz kojeg su izdvojena tri tipa padina: konkavne, konveksne i pravocrtne (Burrough, 1986).

Processing → Toolbox → SAGA → Terrain Analysis –Curvature



Slika 4-1. Parametri korišteni u radu

4.2. Nagib padina

Osnovni element reljefa su padine pa je određivanje nagiba padina jedan od bitnih elemenata analize reljefa. Prostorni raspored i zastupljenost pojedinih kategorija nagiba padina jasno obilježavaju izdvojene reljefne cjeline (Pahernik, 2007). Nagib padina definiran je kutom koji zatvara površina terena s horizontalnom ravninom. U lokalnim okvirima metarskog do kilometarskog veličinskog područja, nagib terena predstavlja neposrednu posljednicu djelovanja

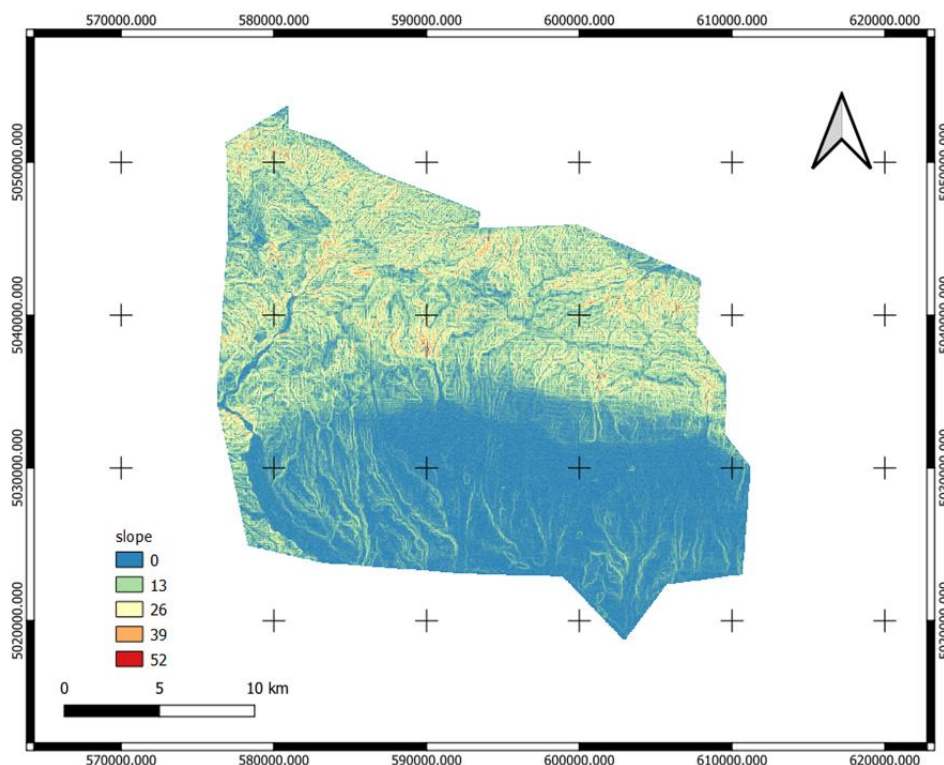
egzogenih geomorfoloških procesa. Dobiveni podaci u lokalnim okvirima mogu poslužiti za utvrđivanje intenziteta denudacije, odnosno akumulacije. Razmatran u regionalnim okvirima (od nekoliko desetina do nekoliko stotina km²), nagib je pokazatelj djelovanja endogenih morfostrukturnih procesa, odnosno najmlađe tektonske aktivnosti (Marković, 1983).

Geomorfološka klasifikacija nagiba padina temeljena je na dominantnim morfološkim procesima koji se aktiviraju ovisno o vrijednosti inklinacije (Hrvatsko geomorfološko društvo). Analiza nagiba padina najčešće podrazumijeva svrstavanje nagiba u određene kategorije (Tablica 1), a broj kategorija, odnosno granične vrijednosti nagiba određuju se ovisno o obilježjima terena, mjerilu karte i svrsi analize (Marković, 1983).

Tablica 1. Geomorfološka klasifikacija nagiba padina (Hrvatsko geomorfološko društvo)

Kategorija	Nagib (°)	Opis
1.	0-2	Ravnice; kretanje masa se ne opaža
2.	2-5	Blago nagnuti teren; blago spiranje
3.	5-12	Nagnuti teren; pojačano spiranje i kretanje masa
4.	12-32	Jako nagnuti teren; snažna erozija, spiranje i izrazito kretanje masa
5.	32-55	Vrlo strm teren; dominira destrukcija
6.	>55	Strmci (litice); urušavanje

Vrijednosti nagiba manje od 2° karakteristične su za nizinski dio koji okružuje padine parka prirode Papuk. Kategorija nagiba od 12 do 32 karakterizira jako nagnuti teren na kojima se javlja snažna erozija, spiranje i izrazito kretanje mase, te na području Papuka zauzima najveću površinu padina. Četvrta kategorija padina je u interval od 32 do 55, i označava vrlo strm teren u kojemu dominira destrukcija. Na području parka prirode Papuk četvrta kategorija čini manji udio u ukupnoj površini, dok druga i treća kategorija u ovom slučaju nisu vidljive te odstupaju (Slika 4-2).



Slika 4-2. Karta nagiba padina na području Parka prirode Papuk

4.3. Ekspozicija (aspekt) padine

Ekspozicija padina u smjeru najvećeg nagiba predstavlja njezinu orijentaciju s obzirom na strane svijeta. Pri tome se kut određuje najčešće od pravca sjevera u smjeru kazaljke na satu. Ekspozicija u stupnjevima izračunata je metodom graničnih razlika. Značenje ekspozicije za intenzitet recentnih geomorfoloških procesa očituje se poglavito u modificiranju utjecaja

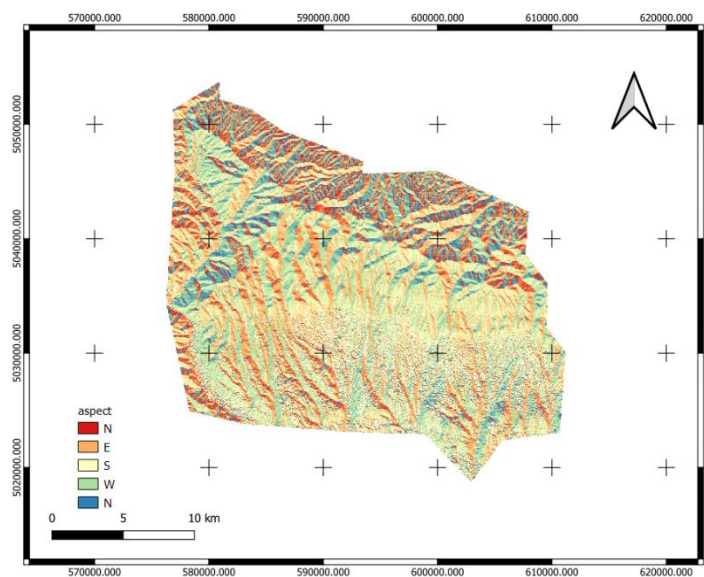
Sunčeva zračenja na amplitude temperature zraka i tla, mehaničku rastrožbu stijenske mase, dužinu vegetacijskog perioda, te nejednaku izloženost padina smjeru kišonosnih vjetrova i dr. Maksimalne razlike utjecaja ekspozicije na spomenute pojave uočavaju se u nasuprotnim ekspozicijama smjerom meridijanskog pružanja, tzv. osojnim i prisojnim padinama (Pahernik, 2007).

Vrijednost ekspozicije konvertira se u stupnjeve ($0^{\circ} - 360^{\circ}$). U skladu s prividnim kretanjem Sunca preko obzora tijekom dana ili različitih godišnjih doba, mijenja se i intenzitet kratkovalnog Sunčeva zračenja na padinama. Na sjevernoj hemisferi najviše Sunčeva zračenja primaju južne padine, a sjeverne najmanje. Istočno i zapadno eksponirane padine ozračene su u manjoj mjeri od južnih, a u većoj od sjevernih; istočne najviše zračenja prime ujutro, a zapadne u predvečerje (Šegota i Filipčić, 1996). Utjecaj ekspozicija na geomorfološke procese vrlo je značajan jer različito eksponirane padine primaju različitu količinu kratkovalnog zračenja, što utječe na karakteristike klimatskih elemenata kao egzogeno-geomorfoloških agensa (Radoš et al., 2012).

U QGIS-u se iskazuje azimutom s ishodištem prema sjeveru i računa se u smjeru kazaljke na satu (Tablica 2). Metoda ekspozicije koristi se u analizi pogodnosti reljefa za određene društveno-gospodarske aktivnosti s obzirom na klimatske elemente (radijaciju, insolaciju, vjetrove), poput uzgoja pojedinih poljoprivrednih kultura (npr. vinova loza), određivanja lokacija za solarne elektrane, orijentacije krovova kuća s obzirom na strane svijeta i slično. Na slici 4-3 vidljiva je karta ekspozicije padina na području Parka prirode Papuk.

Tablica 2. Ekspozicija padina se u QGIS-u klasificira u sljedeće skupine s obzirom na azimut (Ivanec, 2016)

0 – 22,5°	N
22,5 – 67,5°	NE
67,5 – 112,5°	E
112,5 – 157,5°	SE
157,5 – 202,5°	S
202,5 – 247,5°	SW
247,5 – 297,5°	W
292,5 – 337,5°	NW
337,5 – 360°	N



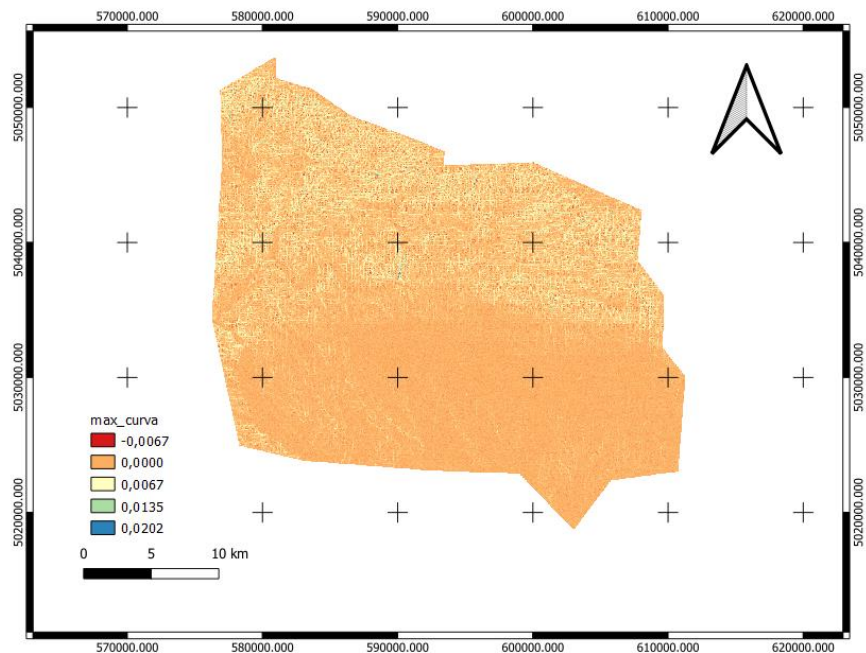
Slika 4-3. Karta ekspozicije padina na području Parka prirode Papuk

4.4. Zakrivljenost

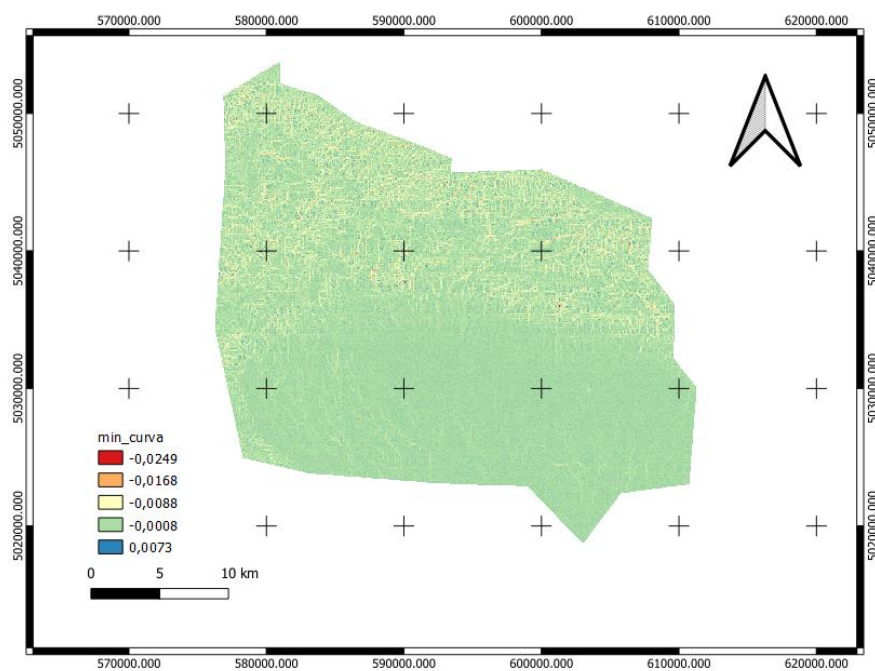
Pojam zakrivljenosti padine odnosi se na njezin geometrijski oblik. Oblik padine rezultat je denudacijskih i akumulacijskih procesa, uzrokovanih endogenim i egzogenim geomorfološkim agensima (Radoš et al., 2012). Konveksne padine (ili dijelovi padina) indikator su pozitivnih tektonskih pokreta (izdizanje) povezanih s dominacijom denudacijskih procesa čiji intenzitet raste s porastom dužine padine. Pravocrtne padine ili dijelovi padina upućuju na prostorno uravnotežene denudacijske uvjete, npr. padina se povlači paralelno ili se materijal jednolično kreće po padini. Konkavne padine (ili njihovi dijelovi) indikator su negativnih tektonskih pokreta (spuštanje) povezanih s pojačanom akumulacijom padinskog materijala (Dikau et al., 2004).

U geomorfološkim istraživanjima ove analize mogu se primijeniti za izračunavanje i procjenu trendova endogenih (izdizanje ili spuštanje struktura) i egzogenih geomorfoloških procesa, npr. otjecanja i sedimentacije (pomoću planarne zakrivljenosti) pojačane denudacije i identificiranja otpornijih stijenskih kompleksa (pomoću profilne zakrivljenosti) (Kennelly, 2009).

Zakrivljenost je promjena nagiba po jediničnoj udaljenosti. To je vrlo korisna mjera za razumijevanje tokova površinske vode, stoga se široko koristi u području hidrologije. Pikseli su pozitivna zakrivljenost koja ukazuje na raspršivanje tokova, dok negativne vrijednosti ukazuju na akumulaciju tokova. Na slici 4-4 prikazana je karta maksimalne zakrivljenosti Parka prirode Papuk, te na slici 4-5 prikazana je karta minimalne zakrivljenosti Parka prirode Papuk.



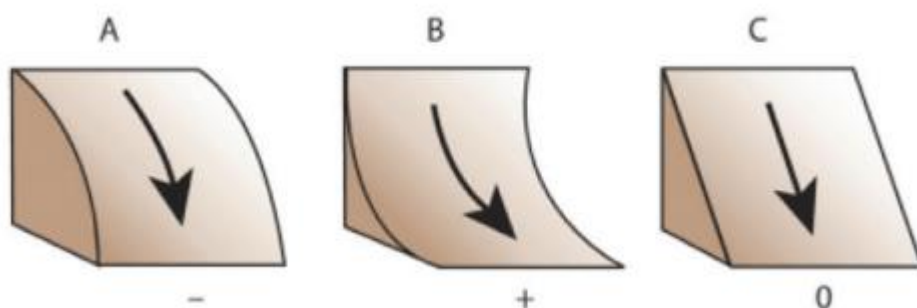
Slika 4-4. Karta maksimalne zakrivljenosti na području Parka prirode Papuk



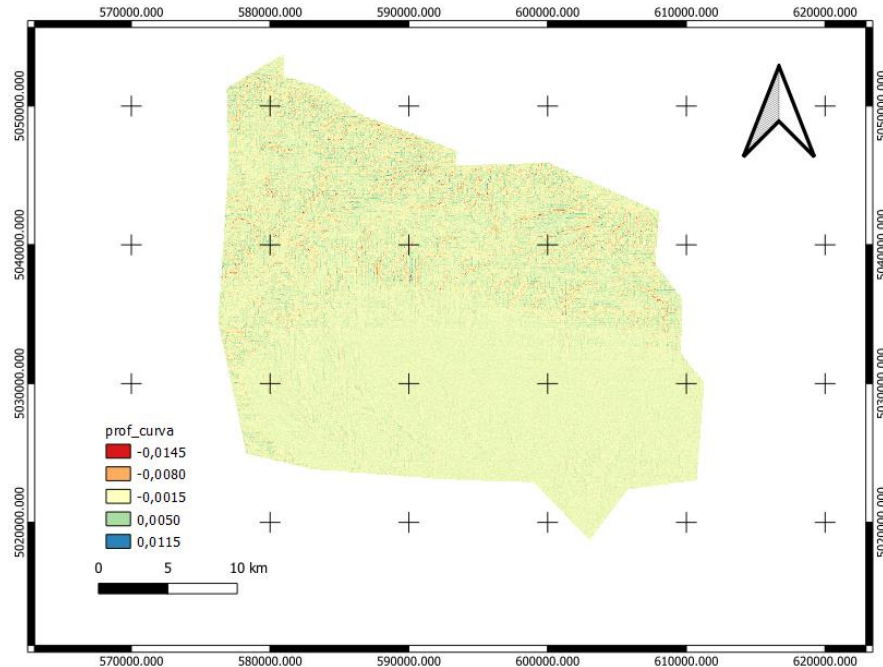
Slika 4-5. Karta minimalne zakrivljenosti na području Parka prirode Papuk

4.4.1. Profilna zakrivljenost

Profilna zakrivljenost odnosi se na zakrivljenost padina (ili njihovih dijelova) duž linija okomitih na izohipse, a njome se određuje stopa promjene nagiba za svaki piksel. Negativna vrijednost upućuje na konveksni uzdužni profil padine, a pozitivna na konkavni, dok vrijednost nula označava linearnu (pravocrtnu) padinu (Slika 4-6). Profilna zakrivljenost utječe na brzinu otjecanja vode, odnosno na brzinu kretanja detritusa niz padinu (Radoš et al., 2012). Slika 4-7 prikazuje kartu profilne zakrivljenosti na području Parka prirode Papuk.



Slika 4-6. Prikazuje pod a) konveksni uzdužni profil, b) konkavni uzdužni profil, c) linearni uzdužni profil (Radoš et al., 2012)



Slika 4-7. Karta profilne zakrivljenosti na području Parka prirode Papuk

4.4.2. Planarna zakrivljenost

Planarna zakrivljenost odnosi se na zakrivljenost padine u sekanti izohipse okomitoj na smjer najvećeg nagiba. Pozitivna vrijednost ukazuje na konveksni oblik padine, a negativna na konkavni, dok nulta vrijednost označava linearnu (pravocrtnu) padinu. Kada je zadani smjer okomit na smjer najvećeg nagiba (horizontalna sekanta izohipse), tada se modelom zakrivljenosti padina mogu procjenjivati divergencija (konveksne, izbočene padine) odnosno konvergencija (konkavne, udobljene padine) hipotetskog otjecanja (Antonić, 1996).

Konvergentno otjecanje povezano je s procesima akumulacije vode, tla ili detritusa, a divergentno otjecanje uz derazijske procese spiranja, puzanja, jaruženja i bujičenja (Radoš et al., 2012).

5. ZAKLJUČAK

Tijekom izrade završnog rada koristio se QGIS softver koji na brzi i jednostavni način prikazuje geomorfološke značajke, u ovom slučaju geomorfološke značajke Parka prirode Papuk. U QGIS je unesen ulazni podatak DMR snimka koja je nakon unošenja u program oblikovan po granicama Parka prirode Papuk, te se mijenjao koordinatni sustav iz WGS84 u HTRS96.

Unutar alata Slope, Aspect i Curvature dobivene su sve geomorfološke značajke terena koje su u ovom radu istaknute. Za bolju analizu u svakoj pojedinoj skupini koja se istraživala koristila se paleta boja koja prikazuje vrijednosti od najmanje do najveće. Analiza nagiba padina prikazana je u stupnjevima ($^{\circ}$), te su na području Parka prirode Papuk uočene površine sa nagibima od 0° koji ukazuju na ravan teren pa sve do površina sa nagibima od 52° što znači da je taj dio terena vrlo strm. Pomoću alata Aspect koji je kompasni smjer nagiba i koji se također prikazuje u stupnjevima (0° - 360°) utječe na smjer kretanja vode i intenzitet Sunčevog zračenja na padini gdje su vidljive prisojne i osojne strane padine. Alat se koristi u mnogim područjima geologije (hidrologije), poljoprivrede, ekologije i projektima za zelenu energiju poput solarnih panela i vjetroelektrana. Analiziranjem zakrivljenosti pomoću alata Curvature dobivaju se korisne informacije u prvom redu u području hidrogeologije jer se dobivaju korisne mjere za razumijevanje tokova odnosno vrste tokova površinske vode koje se prikazuju pozitivnim i negativnim zakrivljenostima.

6. LITERATURA

1. Antonić, O., 1996. Modeli utjecaja topoklime na vegetaciju krša, Doktorska disertacija, Biološki odsjek PMF-a, Sveučilište u Zagrebu, 125.
2. Bočić, N., Kvetek, F., Digitalna analiza drenažne mreže na primjeru Papuka, <https://hrcak.srce.hr/file/439527> , datum pristupa 09.08.2023.
3. Burrough, P.A., 1986. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. Clarendon Press, Oxford
4. Buzjak, N., 2023. Kartiranje geobaštine i georaznolikosti, http://www.chem.pmf.hr/_download/repository/pg2.pdf, datum pristupa 24.08.2023.
5. Digitalna analiza padina otoka Raba (2007), https://www.researchgate.net/publication/27205918_Digitalna_analiza_padina_otoka_Raba, datum pristupa 01.08.2023.
6. Dikau, R., Rasemann, S., Schmidt, J., 2004. Hillslope Form, In: Encyclopedia of Geomorphology, Ed. A. Goudie, Vol. 1, Routledge, London, 516-521.
7. Equator (2023), <https://equatorstudios.com/how-to-calculate-slope-in-qgis>, datum pristupa 07.08.2023.
8. HGD (2023), Geomorfološka obilježja Republike Hrvatske, <https://hgmd.geog.pmf.hr/index.php/geomorfologija/geomorfoloska-obiljezja-republike-hrvatske/>, datum pristupa 28.8.2023.
9. Kenelly, P., J., 2009. Hill-Shading Techniques to Enhance Terrain Maps, 24th International Cartographic Conference, Santiago de Chile.
10. Lozić, S.; Nagibi padina kopnenog dijela Republike Hrvatske, <https://hrcak.srce.hr/file/125869>, datum pristupa 17.08.2023.
11. Lozić, Š., Radoš, D., Šiljeg, A.. Morfometrijske značajke šireg područja Duvanjskog polja , Bosna i Hercegovina, <https://hrcak.srce.hr/file/140873>, datum pristupa 12.08.2023.
12. Marković, M., 1983, Osnovi primenjene geomorfologija, Geoinstitut, Beograd
13. Mesić, L., 2018. Geomorfološka obilježja Moslavačke gore, <https://zir.nsk.hr/islandora/object/pmf%3A3517/datastream/PDF/view>, datum pristupa 29.07.2023.

14. Pahernik, M., 2007: Digitalna analiza padina otoka Raba, *Geoadria* 12/1, Zadar, 3-22.
15. Park prirode Papuk (2023), www.pp-papuk.hr, datum pristupa 19.06.2023.
16. Pike, R., J., Evans, I., S., Hengl, T. (2009): *Geomorphometry: A Brief Guide*, In: *Geomorphometry – Concepts, Software, Applications, Developments in Soil*, Eds. T. Hengl, H. I. Reuter, Elsevier, 3-30.
17. Šegota, T., Filipčić, A. (1996): *Klimatologija za geografe*, Školska knjiga, Zagreb.
18. Šulc, I., 2016. Digitalna kartografija, http://www.ssivanec.hr/images/7_Prirucnik_Digitalna_kartografija.pdf, datum pristupa 09.08.2023.